Veröffentlichungen des Österreichischen Nationalkomitees für das Internationale Biologische Programm. Abteilung: Produktionsbiologie des Festlandes. Arbeitsgruppe des Pflanzenphysiologischen Instituts der Universität Wien unter der Leitung von Prof. Dr. Richard BIEBL.

Nr. 3

Die photosynthetische Aktivität eines *Phragmites-communis*-Bestandes am Neusiedler See

(URAS-Messungen während der Vegetationsperiode 1967)

Von KARL BURIAN

Mit 9 Abbildungen (Abb. 1 auf Tafel 1)

(Vorgelegt in der Sitzung der m.-n. Klasse am 27. März 1969 durch w. M. BIEBL)

I. Einleitung

Seit dem Frühjahr 1966 untersucht eine Arbeitsgruppe des Pflanzenphysiologischen Instituts der Universität Wien im Rahmen des Internationalen Biologischen Programms (IBP), Sektion PT (vgl. ELLENBERG et al. 1964), die Primärproduktion des Schilfs (*Phragmites communis*). Die Messungen werden im geschlossenen Schilfbestand am Westufer des Neusiedler Sees (RUST am See) durchgeführt. Es gelangen dabei verschiedene Methoden zur Anwendung, um eine korrekte Erfassung der Schilfproduktion über längere Zeiträume zu gewährleisten.

In einer grundsätzlichen Arbeit von LIETH (1965) werden vor allem drei methodische Möglichkeiten zur Bestimmung der Produktion autotropher Pflanzen genannt: Elementar-, kalorimetrische und Trockengewichts-Analysen. Es ist richtig, daß diese Methoden durch weniger Fehlerquellen belastet sind als gasanalytisches Arbeiten. Aus diesem Grund wurden während der ganzen Vegetationszeit 1967 neben der URAS-Registrierung auch Trockengewichtsanalysen

durchgeführt (BURIAN und HÜBL, in Vorb.); die kalorimetrischen Messungen sollen an entsprechend aufbewahrten Proben nachgeholt werden.

Wenn nun auch die Gaswechselanalyse zur Produktionsbestimmung in ihrer isolierten Anwendung eher fragwürdig ist, da das störende und verfälschende Küvettenklima nur durch aufwendige Apparaturen ausgeschaltet werden kann (vgl. BOSIAN 1959, BOSIAN und ENSGRABER 1955, TRANQUILLINI 1954, LANGE 1963), so ist sie doch als Ergänzung zur Erntemethode von großem Wert. Sie differenziert den Verlauf der Produktion zwischen den Ernteterminen und erlaubt eine Korrelation zwischen kurzfristigen ökologischen Einflüssen (Tagessummen der Strahlung, Tages-Temperaturmittel) und der photosynthetischen Aktivität als der Grundlage jeder autotrophen pflanzlichen Produktion.

Parallel zu den Trockengewichtsanalysen war schon 1966 versuchsweise ein URAS eingesetzt worden (HÜBL 1967, BURIAN 1967), der allerdings erst in der zweiten Hälfte der Vegetationszeit zufriedenstellende Resultate lieferte. Für die Vegetationszeit 1967 zwischen Mai und September liegt nun wesentlich mehr URAS-Material vor, so daß versucht werden kann, auf Grund der registrierten Gaswechselwerte ein Bild der photosynthetischen Aktivität des Schilfbestandes zwischen Mai und September wiederzugeben. Ausfälle während dieser Zeit, die durch Service- und Reparaturarbeiten an den Apparaturen bedingt waren, wurden durch Interpolierungen überbrückt, die sich aus den Kurvendarstellungen der Abb. 5—8 ableiten ließen. Diese Hochrechnungen, von denen im wesentlichen die zweite Augusthälfte betroffen ist, werden gesondert angegeben (Abb. 9).

Die Klimawerte sind der Zusammenarbeit mit der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien, zu danken, die im Rahmen der Hydrologischen Dekade u. a. an der gleichen Stelle des Schilfgürtels umfangreiche meteorologische Untersuchungen durchführt (MAHRINGER und MOTSCHKA 1967). Arbeits- und Unterkunftsräume wurden in freundlichem Entgegenkommen vom Burgenländischen Landesmuseum zur Verfügung gestellt.

II. Methodik

Ein Schilfbestand auf einer Grundfläche von 70×100 cm wurde mit einer Bestandsküvette überdeckt (Abb. 1). Das Grundgerüst dieser Küvette bestand aus Dexion-Trägern, die verschraubt und durch Stahlseilverspannungen gegen Winddruck abgesichert waren.

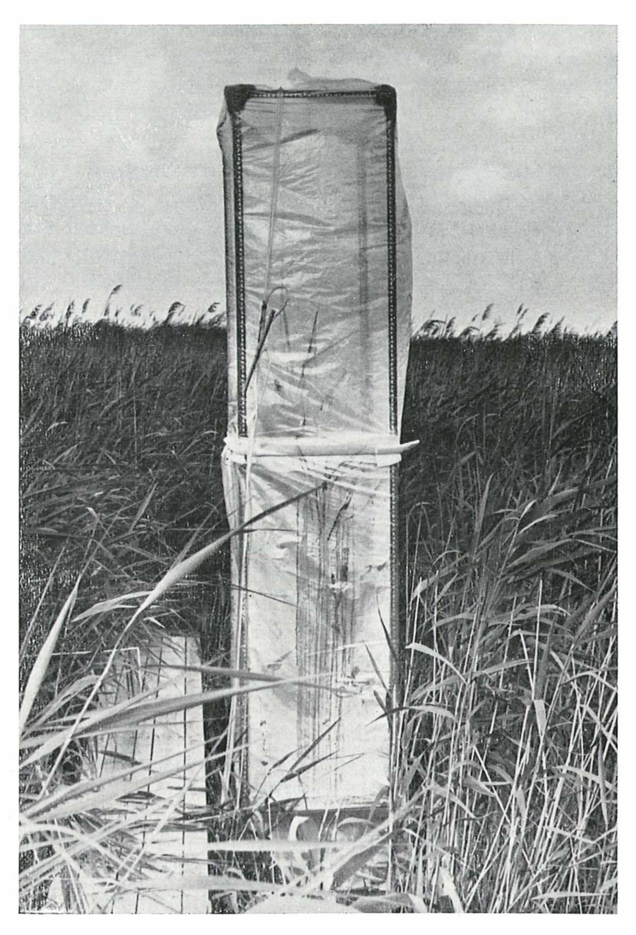


Abb. 1. Bestandsküvette zur Messung des Gaswechsels von *Phragmites communis* im Schilfgürtel des Neusiedler Sees bei Rust.

Die Außenhaut aus dünner PVC-Folie war zwar nicht sehr widerstandsfähig, konnte aber leicht gewechselt werden. Trotz dem in einer Periode mehrmals notwendigen Hüllenwechsel ist eine dünne Folie jeder solideren Konstruktion vorzuziehen, da sie einen guten Wärmeaustausch gewährleistet, der durch Windkühlung noch erhöht wird. Die ursprünglich etwa 40 Jungpflanzen des eingeschlossenen Bestandes wurden auf 20 verringert, um den Lichtverlust durch die Küvettenkonstruktion auszugleichen. Die eingeschlossenen Halme blieben in ihrem Wachstum nicht merkbar hinter dem Außenbestand zurück, setzten normale Blütenstände an und brachten auch fertile Samen, die wir später zur Kontrolle im Laboratorium keimen ließen. Deutliche Unterschiede waren nur in der Blattentwicklung zu verzeichnen: die küvettierten Pflanzen hatten zwar gleichlange, aber schmälere Blattspreiten als die des Außenbestandes. Um einer Verpilzung in der höheren Luftfeuchtigkeit vorzubeugen, wurde die Folie in regelmäßigen Abständen auf einige Tage entfernt (s. Abb. 8).

Zur Registrierung der Gaswechselwerte benützten wir einen URAS 1 der Fa. Hartmann & Braun, der mit einem Gasumschalter und einem Sechsfarbenschreiber gekoppelt war. Die Lufttrocknung erfolgte über Sikkon (Fluka), die registrierten Werte bis 24 Stunden nach dem Wechsel des Trocknungsmittels wurden gestrichen, da Sikkon auch CO_2 bis zu einer Gleichgewichtskonzentration absorbiert. Ein Gerätefehler von etwa 5% und eventuelle Fehler durch Temperaturschwankungen des Trockenmittels lassen sich bei Versuchen außerhalb des Labors kaum ausschließen.

II. 1. Zur Frage des Küvettenklimas in der Bestandsküvette

Die Probenentnahme an drei vertikal in 1-m-Abständen angeordneten Absaugstellen erfolgte wie bei Burian (1967) beschrieben. Wieweit die entnommenen Luftproben tatsächlich ökologische Aussagekraft besitzen, soll an Hand der Vor- und Nachteile der Bestandsküvette kurz diskutiert werden. Die Großküvette bietet zweifellos den Vorteil, daß statt eines Pflanzenteils oder einer Einzelpflanze ein repräsentativer Bestand erfaßt werden kann, daß die registrierten Werte also größere statistische Wahrscheinlichkeit besitzen. Die Nachteile resultieren aus den Werten des Innenklimas.

1. *Temperatur.* Tranquillini (1954) warnt davor, ,,Assimilationsmessungen in voller Sonne bei Unkenntnis der Küvettentem-

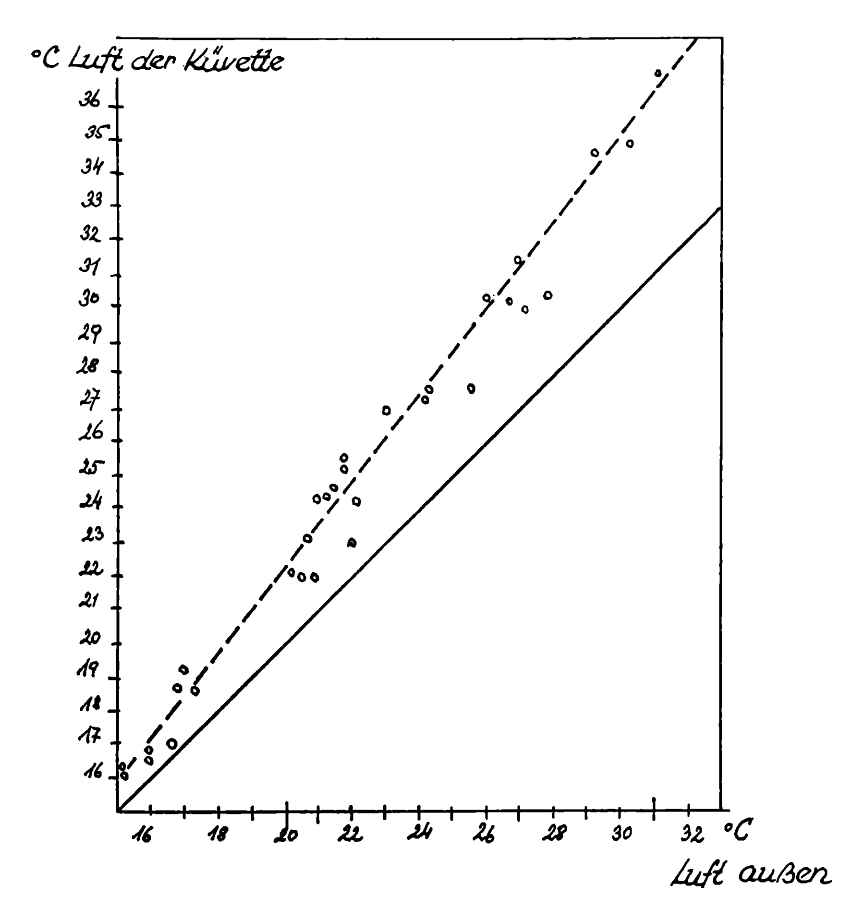


Abb. 2. Abweichung der Innentemperatur der Küvette von der Außentemperatur. Gemessen an Testtagen im Mai, Juni, Juli und August 1967.

peratur als standorttypisch zu deuten" (S. 204). Die Überwärmung der Großküvette hält sich in mäßigen Grenzen. An Testtagen zwischen Mai und August durchgeführte Innenmessungen ergaben eine maximale Überwärmung von 6°C (Abb. 2). Zu einem richtigen Steilabfall der apparenten Photosynthese oder gar zu einer CO_2-Ausscheidung kam es dabei nicht. Allerdings wurde bei 23—25° Außenmittel ein Abfall registriert, der aus den Abb. 6—9 deut-

lich zu ersehen ist. Die Temperaturkurven dieser Darstellungen sind also mit der aus Abb. 2 ersichtlichen Korrektur zu lesen.

2. *Luftfeuchtigkeit.* Die relative Luftfeuchtigkeit in der Großküvette ist stets überhöht. Gemäß seinem Standort im stehenden, halbmetertiefen Wasser und der auch normal hohen Luftfeuchtigkeit im geschlossenen Bestand über der Wasserfläche reagiert *Phragmites* auf diese Überhöhung nicht besonders stark. Eine besondere Beeinträchtigung oder Erhöhung der CO_2-Aufnahme (vgl. KOCH et al. 1968) müßte sich aus dem Größen- und Wachstumsvergleich küvettierter und benachbarter nichtküvettierter Pflanzen ablesen lassen.

3. *CO_2.* Auch bei dauerndem Durchpumpen von Luft kann ein Gesamtwechsel der Küvettenluft in Minutenfrist, wie er bei Blattküvetten üblich ist, nicht erreicht werden. Nach Meinung LARCHERS (persönliche Mitteilung) würden bei so hoher Saugleistung schwer kontrollierbare Turbulenzen in der Großküvette entstehen, die eine Registrierung problematisch werden lassen. Es tritt aus den genannten Gründen trotz dauerndem Luftdurchsatz durch das 2-m^3-Volumen der Großküvette im Lauf des Tages eine CO_2-Verarmung auf. Dieser Prozeß ist für eine Registrierung der CO_2-Aufnahme in diesem besonderen Fall nicht unbedingt ein Nachteil. Auch im freien Schilfbestand kommt es an windstillen oder windarmen Tagen schon im Lauf des Vormittags zu einer CO_2-Verarmung der Luft bis 0,02%. Die Verarmung in der Küvette ist um 20—50 ppm stärker. Das Einschwenken der Registrierkurve nach dem Morgenanstieg der Assimilation in eine ± -Gerade ohne Mittagsdepression zeigt keineswegs an, daß durch CO_2-Verarmung der CO_2-Kompensationspunkt erreicht wurde, da die Lage des flachen Verlaufs je nach Einstrahlung und Außentemperatur stark schwankt. Die Verarmung der Luft an CO_2 in der Küvette ist also für den Vergleich mit Produktionsuntersuchungen am natürlichen Standort des Schilfs eher ein Vorteil. Ein rapider Durchsatz der Küvette mit Normalluft von 300 ppm CO_2 würde Werte bringen, die der CO_2-Aufnahme unter natürlichen Bedingungen nicht mehr entsprächen.

Im allgemeinen kann gesagt werden, daß am ehesten die registrierten und errechneten Werte bei hohem Temperaturmittel der Außenluft und sehr hoher Einstrahlung Artefakte darstellen, daß aber schon der Vergleich der hier vorgelegten Werte mit Werten der Erntemethode der Gasanalyse in der Großküvette ökologische Aussagekraft zubilligen läßt.

II. 2. Maßgrößen

Die photosynthetische Leistung wird in einer Maßgröße der CO_2-Aufnahme ausgedrückt: mg CO_2/g Blatt-Trockengewicht mal Stunde[1]). Die Größe wurde durch Berechnung des CO_2-Abfalls (und durch Ausplanimetrieren der Flächen der apparenten Photosynthese auf dem Registrierstreifen) in Beziehung zum Küvettenvolumen und dem Blatt-Trockengewicht gleichzeitig geernteter, gleich großer, nichtküvettierter Kontrollpflanzen bestimmt. In den Darstellungen wird das Mittel der Stundenleistung pro Tag gegen die Tagessumme der Globalstrahlung aufgetragen. Die Temperatur-Tagesmittel wurden aus den Stundenmitteln errechnet.

Die Beziehung zwischen der Fläche der apparenten Photosynthese auf dem Registrierstreifen zwischen Kontroll- und Meßluft und der mittleren stündlichen CO_2-Aufnahme schwankt analog zu zwei Faktoren: der Tageslänge und der Trockengewichtsentwicklung der Blätter (Abb. 3b). Wie aus Abb. 3a ersichtlich, ist bei gleich großer Fläche der mittlere Stundenwert im Mai am höchsten, im Juli am geringsten. Ab Juli werden ältere Blätter schon wieder abgestoßen, so daß sich das Trockengewicht verringert.

III. Ergebnisse

III. 1. Die Lichtabsorption des geschlossenen Schilfbestandes im Verlauf der Vegetationszeit

Mit Hilfe von drei Pyranometern (Literatur zur Lichtmessung s. BURIAN 1969), die Globalstrahlung, Schilfalbedo und Einstrahlung im geschlossenen Bestand an der Wasseroberfläche registrierten, konnten wir die Lichtabsorption des geschlossenen Bestandes während der Vegetationszeit bestimmen. Abb. 4 zeigt, daß die Monatsmittel der Lichtabsorption eine Kurve ergeben, die jener der Trockengewichtsentwicklung der Schilfpflanzen (Abb. 3b) weitgehend entspricht. Nur der herbstliche Abfall ist wesentlich steiler. Dieses starke Absinken der Absorption im Vergleich zur Trocken-

[1]) LARCHER (1969) hat in jüngster Zeit exakte Vorschläge für die Terminologie in Photosynthese- und Produktionsforschung gemacht. Danach wäre der in der vorliegenden Arbeit häufig gebrauchte Begriff „apparente Photosynthese" besser als „apparente CO_2-Aufnahme" zu bezeichnen, da ja photosynthetische Prozesse durchaus auch dann ablaufen können, wenn etwa bei vollständigem Verschluß der Stomata kein Außenluft-CO_2 aufgenommen wird. Die von LARCHER vorgeschlagene Einheit des Gaswechsels als $\gamma\, CO_2 \cdot g\, TG^{-1} \cdot min^{-1}$ entspricht der hier gebrauchten mal dem Faktor 16,6.

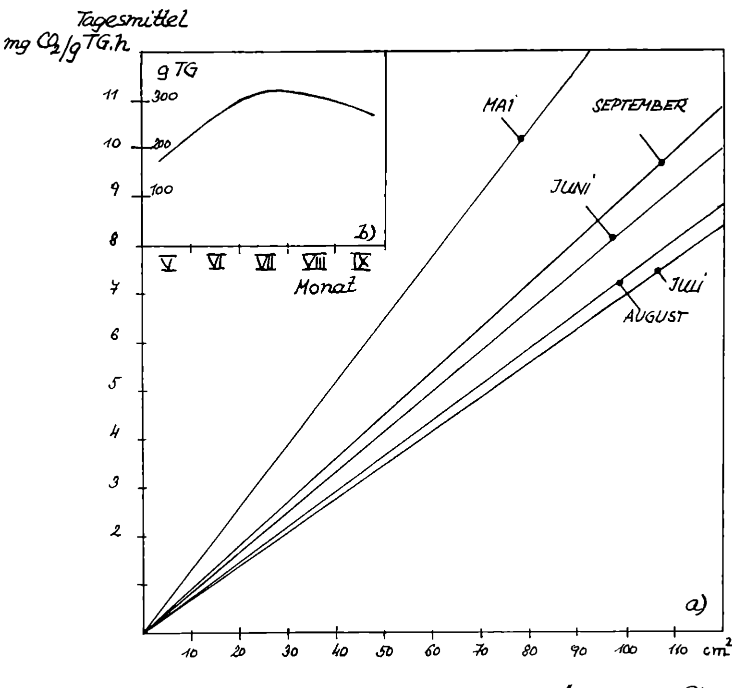


Abb. 3. a) Umrechnung der Fläche zwischen Kontroll- und Meßluft auf dem URAS-Registrierstreifen in mittlere Stundenwerte der CO_2-Aufnahme für die Monate Mai bis September. — b) Trockengewichte von jeweils 20, den küvettierten Exemplaren größenmäßig entsprechenden Kontrollpflanzen zwischen Mai und September.

gewichtsentwicklung ist durch zwei Gründe bedingt: erstens verdorren im August und September schon viele Blätter, fallen jedoch zum Teil noch nicht ab, gehen also in die Trockengewichtsbestimmung ein, ohne an der Lichtabsorption noch wesentlich beteiligt zu sein; zweitens bleiben ja die Schäfte mit ihren im Herbst schon sehr hohen Trockengewichten erhalten (Geisslhofer und Burian 1969).

Die Absorptionswerte stellen also nur vom Mai bis zum August eine echte Maßgröße der Blattflächenentwicklung dar. Die Licht-Transmissionskurve ist der Absorptionskurve nicht genau gegenläufig. Der Grund dafür mag die jahreszeitlich schwankende Fär-

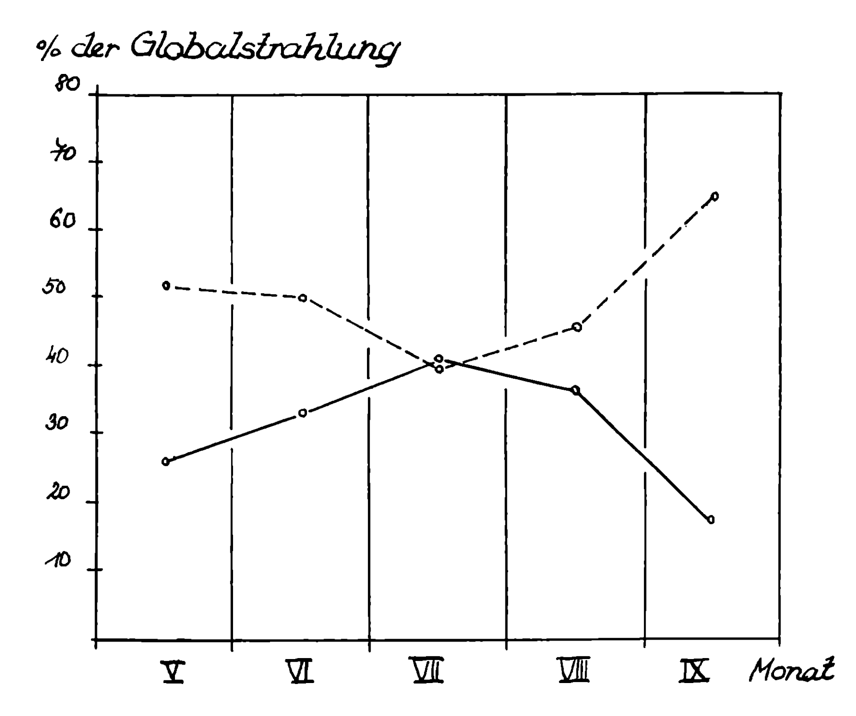


Abb. 4. Mittlere Monatswerte der Lichtabsorption (——) und -transmission (- - - -) im geschlossenen Schilfbestand zwischen Mai und September 1967, angegeben in % der Globalstrahlung (Pyranometermessung).

bung des Schilfbestandes und die daraus resultierende Änderung des Schilfalbedo sein.

Ein Vergleich der Absorptionskurve mit der Tagessummenkurve der Einstrahlung (Abb. 9) zeigt, daß die maximale Absorption und damit die stärkste Blattflächenentwicklung weder mit der stärksten Strahlung noch mit der höchsten CO_2-Aufnahme pro Tag (mittlerer Stundenwert × Dauer der täglichen CO_2-Aufnahme) zusammenfällt.

Das Maximum der Blattflächenentwicklung ist also nicht völlig mit dem Zeitraum höchster photosynthetischer Aktivität zu identifizieren. Die höchsten Gaswechselwerte finden wir vielmehr früher, zur Zeit der maximalen Tageslänge (Mitte Juni bis Anfang Juli).

III. 2. Die Beziehung zwischen photosynthetischer Aktivität, Einstrahlung und Temperatur bei *Phragmites communis*

Mindestens zwei ökologische Faktoren müssen angegeben werden, damit das Ausmaß der CO_2-Aufnahme interpretiert werden kann: Einstrahlung und Umgebungstemperatur, im vorliegenden Fall Lufttemperatur. In unserer Versuchsanordnung wurden außer diesen Daten auch Schlamm-Wasser-Luft-Temperaturprofile, relative Luftfeuchtigkeit, Albedo und Transmission, z. T. Evaporation, Schilftranspiration und -saugkraft mitgemessen, ohne daß diese Meßwerte in der vorliegenden Arbeit verwendet werden. Jeder Versuch, alle diese Daten in eine Interpretation der CO_2-Aufnahme einzubauen, führt nur zu einer verwirrenden Entstellung des Bildes, da ja die physikalischen Faktoren zusätzlich von einer jahreszeitlich bedingten Leistungsfähigkeit bzw. Gestimmtheit der Pflanzen überdeckt werden.

Müller (1928) hat an arktischen Pflanzen nachgewiesen, daß das „Assimilations"-Optimum der Temperatur mit der Einstrahlungsstärke schwankt (weitere Literatur s. Stålfelt 1960, Walter 1960, Burian 1969). Bei niedriger Umgebungstemperatur ist das Optimum mit niedrigen Beleuchtungsstärken gekoppelt, steigende Temperaturen verlangen höhere Einstrahlung. Die Pflanze akkomodiert sich also der häufigen physikalischen Parallelität in der Höhe von Einstrahlung und Temperatur (vgl. Mooney und West 1964). Weniger ist bekannt über jahreszeitliche Verschiebungen der Temperaturoptima (Stålfelt 1960), die mit diesem Verhalten in Zusammenhang stehen. Für *Phragmites communis* lagen aus dem Jahr 1967 Werte für vier Monate der Vegetationszeit vor. Daher konnte versucht werden, eine eventuelle jahreszeitliche Verschiebung zu ermitteln.

Die mittlere stündliche CO_2-Aufnahme pro Tag in mg CO_2/g TG h wurde, für die einzelnen Monate getrennt, gegen die jeweilige Globalstrahlungs-Tagessumme aufgetragen. Es sei noch angemerkt, daß Registrierwerte aus der Zeit unmittelbar vor und nach dem Wechsel des Luft-Trocknungsmittels nicht berücksichtigt wurden; die Querempfindlichkeit zwischen Wasserdampf und CO_2 im Infrarot-Spektrum könnte sonst zu echten Verfälschungen führen.

Abb. 5 gibt die Verhältnisse im Mai wieder. Eine optimale Lichtausnutzung und damit das Maximum der CO_2-Aufnahme wird im Mai bei einem Temperatur-Tagesmittel von 16°C erreicht. Bei dieser Temperaturangabe und allen folgenden handelt es sich um die Mittel der Außenluft, nicht der Küvettenluft, deren Wert nach

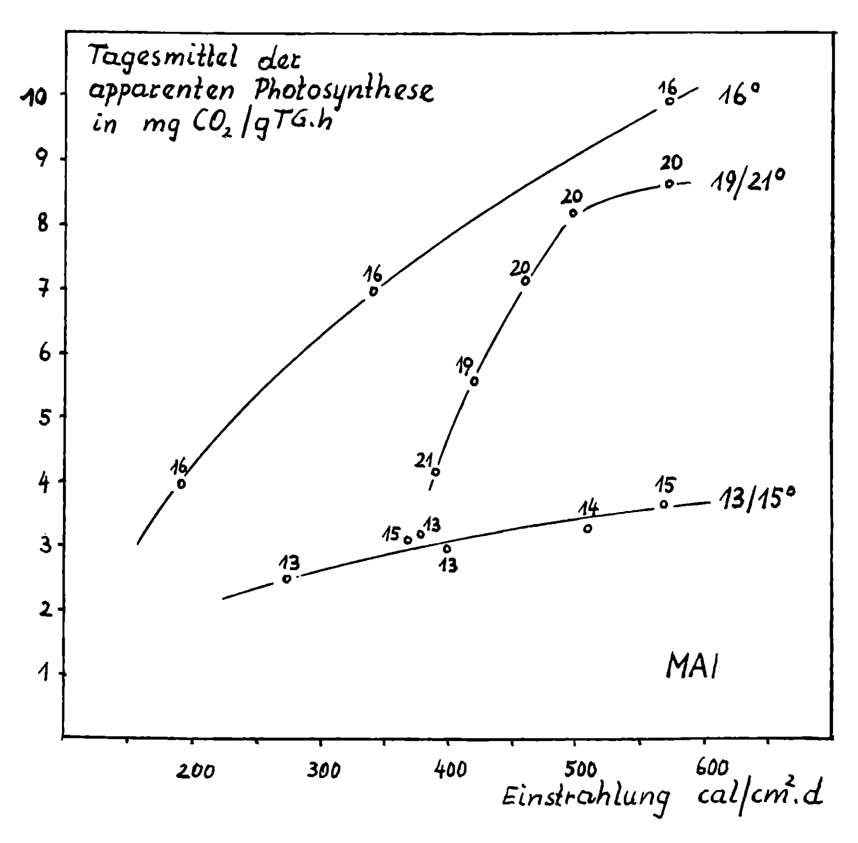


Abb. 5. *Phragmites communis.* Temperaturkurven der mittleren CO_2-Aufnahme bei steigender Einstrahlung im Mai 1967.

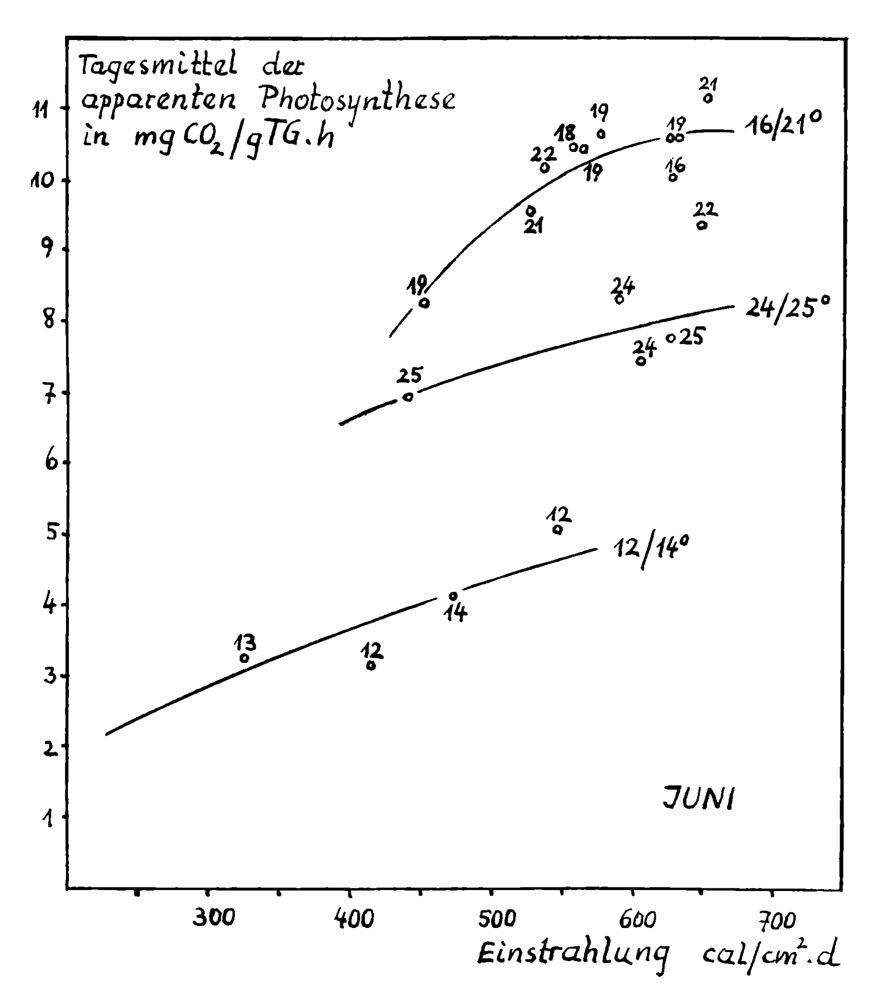


Abb. 6. *Phragmites communis.* Temperaturkurven der mittleren CO_2-Aufnahme bei steigender Einstrahlung im Juni 1967.

dem Diagramm Abb. 2 zu korrigieren ist. Deutlich unter der 16°-Kurve liegt die CO_2-Aufnahme bei 19—21° C. Es fällt besonders auf, daß niedere Lichtintensitäten in diesem Temperaturbereich kaum besser genutzt werden als bei den ungünstigen Untertemperaturen (13—15° C), ab 400 cal/cm² · d aber ein sehr steiler Anstieg folgt. Niedere Temperatur-Tagesmittel bringen dagegen auch bei starkem Ansteigen der Einstrahlung von 300—600 cal/cm² · d keine wesentliche Erhöhung der Netto-CO_2-Aufnahme. Ähnlich wie *Helianthus* und *Phaseolus* (BURIAN 1969) hat *Phragmites* im Mai also ein relativ niederes Optimum der Mitteltemperaturen.

Im Juni ist die Situation erheblich anders. Aus Abb. 6 läßt sich ablesen, daß der optimale Temperaturbereich nach oben bis 21° C erweitert wurde und jetzt ein breiteres Band zwischen 16 und 21° in gleicher Weise genutzt werden kann. Mit den jahreszeitlich steigenden Einstrahlungssummen und den hohen Tagesmitteln der Temperatur läuft also sichtlich eine physiologische Modifizierung der Pflanzen parallel, die sich in dieser Zeit ihrer maximalen Größe schon genähert haben. 22° Außenmittel lassen die CO_2-Aufnahme schon absinken, bei 24/25° ist ein neues, geringeres Nutzungsniveau der Strahlung erreicht. Etwa gleichgeblieben ist die ungünstige CO_2-Aufnahme im Untertemperaturbereich von 12—14° C.

Die absolute Höhe der mittleren CO_2-Aufnahme pro Stunde steigt im günstigsten Temperaturbereich im Vergleich zum Mai bei gleich starker Einstrahlung um ca. 1 mg CO_2/g TG h. Das Maximum der mittleren CO_2-Aufnahme ist in der zweiten Junihälfte lokalisiert (11,2 mg CO_2/g TG · h), in der Zeit der größten Tageslänge und der längsten täglichen Photosynthesedauer. Ein gleich hoher Wert wurde noch für die erste Julihälfte registriert.

Die Neueinstellung des optimalen Temperaturbereichs der Produktion geht offenbar auf die gleiche Akkomodationsfähigkeit der Pflanzen zurück, die MÜLLER (1928) an seinen arktischen Versuchspflanzen zum Teil registrierte, zum Teil rekonstruierte, ist aber als Veränderung in der Zeit damit nicht völlig gleichzusetzen. Eine weitere Veränderung des Temperaturoptimums von Juli bis September ist aus den vorliegenden Werten nicht nachzuweisen. Abb. 7 gibt die mittleren CO_2-Aufnahmewerte für den Juli und die erste Augusthälfte wieder. Der optimale Temperaturbereich ist gleichgeblieben, Temperaturmittel unter 18° C fehlen allerdings.

Geringere Tagesmittel als 18° C traten zwar am 9. und 10. 7. auf, leider fehlen aber gerade für diese Tage URAS-Meßwerte, da die Küvettenhülle entfernt war, um einer Verpilzung der Pflanzen vorzubeugen. Die Werte für diese beiden Tage wurden aus Abb. 6

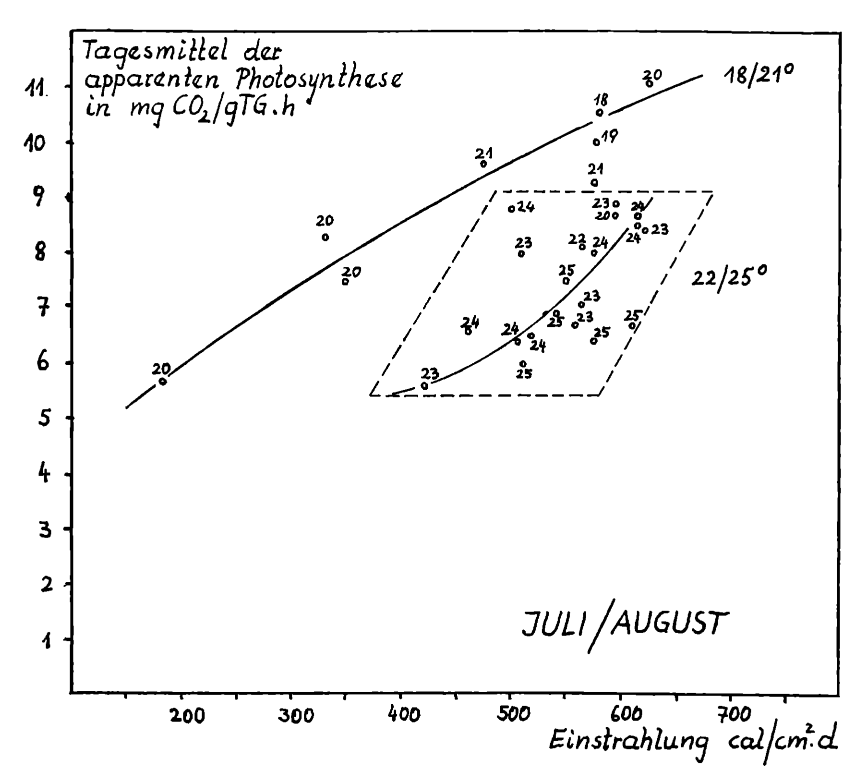


Abb. 7. *Phragmites communis.* Temperaturkurven der mittleren CO_2-Aufnahme bei steigender Einstrahlung in den Monaten Juli und August 1967.

rekonstruiert, was durch die Gleichartigkeit der Monate Juni und Juli gerechtfertigt erscheint.

Die hohen Juli-Tagesmittel (22—25° C) waren durchwegs auch mit hoher Einstrahlung zwischen 400 und 600 cal/cm² d gekoppelt und liegen daher in Abb. 7 entsprechend nahe zusammen. Bei diesen Werten könnte sehr wohl der Einwand berechtigt sein, daß die Depression der CO_2-Aufnahme nicht mehr standorttypisch, sondern nur mehr durch das Küvettenklima gesteuert sei (TRANQUILLINI 1954). Bei solchen Temperaturen wird ja die Amplitude zwischen Außen- und Küvettenluft schon ziemlich groß. Die Verschiebung des Temperaturoptimums während der Vegetationszeit wird dadurch allerdings nicht betroffen, nur seine Lage ist entsprechend zu korrigieren.

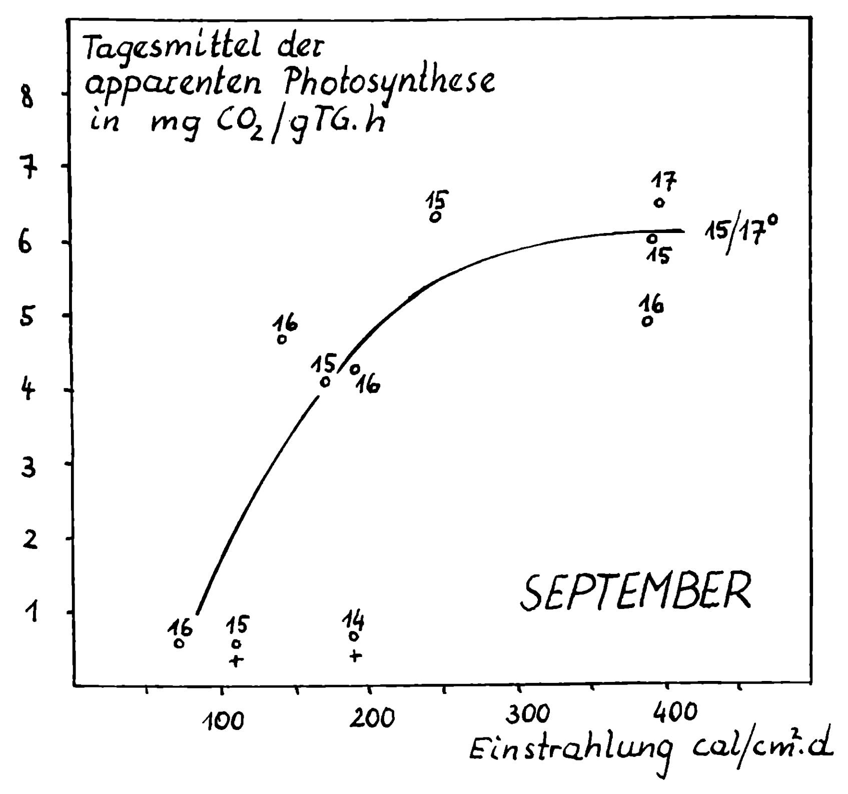


Abb. 8. *Phragmites communis.* Temperaturkurve der mittleren CO_2-Aufnahme bei steigender Einstrahlung im September 1967.

Die in Abb. 8 eingetragenen Werte der mittleren CO_2-Aufnahme aus der ersten Septemberhälfte lassen einen klaren Unterschied zu allen anderen Monaten erkennen. Hier handelt es sich bereits um alterndes, einziehendes Schilf. Schon im August setzt ja starker Blattwurf ein, die verbleibenden Blätter zerschleißen unter dem Windeinfluß, ihre photosynthetische Aktivität sinkt ab. Ende August und Anfang September treiben fallweise neue Rhizomsprößlinge durch (2 in der Küvette), sie können die Gaswechselbilanz des Bestandes aber nicht mehr verbessern.

Das Absinken der Mitteltemperaturen und der Strahlungssummen wird durch keine Neueinstellung des Temperaturoptimums der Produktion mehr quittiert. Die 15/17°-Werte des September

sind um 50% niedriger als die 16°-Werte des Mai. Besonders die letzten registrierten Gaswechselwerte (Abb. 8, +) fallen völlig aus der Reihe und lassen sich nicht mehr in eine Temperatur-Strahlungs-Photosynthese-Kurve einbeziehen.

III. 3. Das herbstliche Ende des registrierbaren Gaswechsels

Die mit dem URAS in der Großküvette meßbare Gaswechselaktivität des eingeschlossenen Schilfes endete am 22. 9. 1967, einen Monat früher als im Jahr 1966 (BURIAN 1967). In diesem Jahr war noch bis 20. 10. schwache CO_2-Aufnahme, bis 23. 10. Atmung während der Mittagszeit zu registrieren. 1967 konnte nach dem 22. 9. auch keine meßbare Atmung mehr festgestellt werden. Die Meßwerte des URAS stimmen mit der Beobachtung überein, daß der Schilfbestand am Neusiedler See nach dem großteils schönen und heißen Sommer 1967 früh vergilbte und einzog, während neue Rhizomsprößlinge durchtrieben, die allerdings einen wesentlich zarteren Blattbau hatten und nur noch eine Höhe von 30—50 cm über dem Wasserspiegel erreichten. Die Schäfte der Schilfpflanzen bleiben, besonders unter dem Wasserspiegel, noch bis in den tiefen Winter lebendig. Ihre — auch temperaturbedingt — geringe Atmung kann in der Bestandsküvette aber nicht mehr gemessen werden.

III. 4. Verlauf und Höhe der mittleren apparenten CO_2-Aufnahme zwischen Mai und September

Es gibt in der Literatur ausführliche Angaben über die Stoffproduktion von *Phragmites communis*, die vorzugsweise mit Hilfe der Erntemethode gewonnen wurden. Besonders umfassend beschrieben RUDESCU, NICULESCU und CHIVU (1965) die geschlossenen Schilfbestände des Donaudeltas. Innerhalb des I. B. P. wurden in Mitteleuropa vor allem Schilfbestände in Südböhmen bearbeitet (a.e. DYKYJOVÁ 1966, RYCHNOVSKÁ 1967 u. a.); frühere Angaben für Nordeuropa finden wir bei GORHAM und PEARSALL (1956). LIETH (1965, vgl. MEDINA 1964) gibt ein Maximum der Schilf-Assimilationsleistung von 30 g Trockensubstanz/Tag $\times$ m² Bodenfläche an. Für den Neusiedler See liegen die Werte von HÜBL (1967) vor, die ebenfalls nach der Erntemethode gewonnen wurden. Ein direkter, quantitativer Vergleich der URAS-Messungen mit den Erntewerten ist schwierig; aber ein Vergleich der Verlaufskurven während der Vegetationszeit (besonders ein Vergleich mit den An-

gaben von HÜBL 1967) zeigt schon die Brauchbarkeit der URAS-Werte, wenn auch ihre absolute Höhe bei hohen Durchschnittstemperaturen fragwürdig ist.

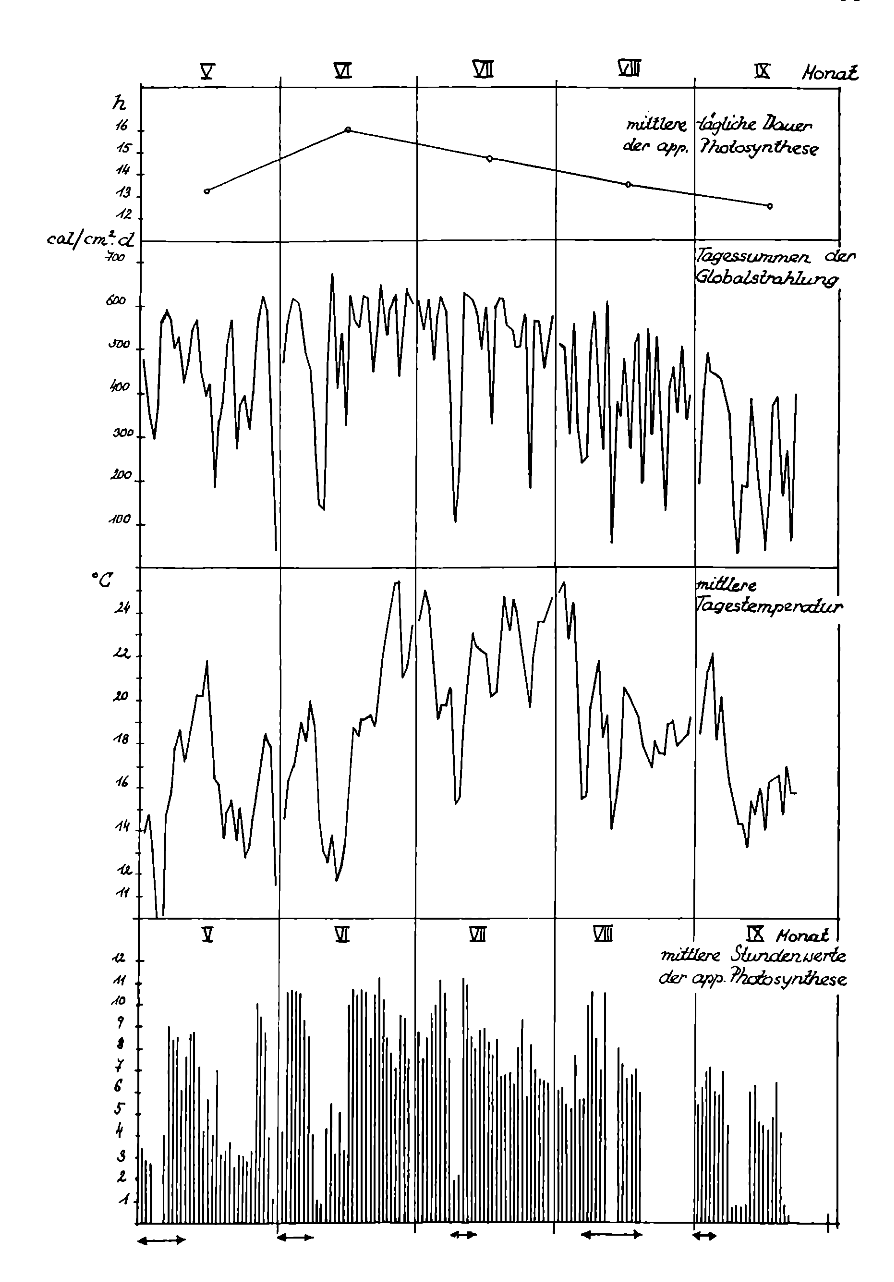
LARCHER (1963) gibt in seiner Zusammenfassung über die CO_2-Aufnahme höherer Pflanzen für Kultur-Gramineen (*Oryza*, *Zea*, *Triticum*, *Avena*) nach Arbeiten von DASTUR und CHINOY (1932), MUSGRAVE und MOSS (1961), ANDERSSON (1944), STÅLFELT (1935) und STOCKER, REHM und SCHMIDT (1943) maximale „Netto-Assimilationsraten" zwischen 7 und 15 mg CO_2/dm^2 Blattfläche · h an. Auf das Blatt-Trockengewicht bezogen, müßte dieser Wert noch mit einem Faktor von ca. 3 multipliziert werden; das ergibt Maximalwerte zwischen 20 und 50 mg CO_2/g TG · h.

In Abb. 9 sind nicht die maximalen Werte der CO_2-Aufnahme, sondern die Tagesmittel eingezeichnet. Aber auch die bei unserer Registrierung errechneten Maxima von ca. 17 mg CO_2/g TG · h liegen weit unter den Werten der angeführten Kultur-Gramineen, 25% unter *Avena*, 300% unter *Oryza*. Eine sehr gute Übereinstimmung zeigen die *Phragmites*-Werte dagegen mit den Gaswechselwerten, die STOCKER (1967) für mitteleuropäische Wildgräser (*Agropyron*, *Festuca*) angibt, sowohl bei den Tagesmitteln als auch bei den Maxima.

Aus der Zusammenstellung in Abb. 9 lassen sich durch Kombination der mittleren täglichen Dauer der CO_2-Aufnahme mit den mittleren Werten der apparenten Photosynthese die Tagesleistungen zwischen Mai und September ablesen. Das Maximum der täglichen Leistung liegt danach eindeutig in der zweiten Junihälfte, im Juli sinkt die photosynthetische Aktivität trotz maximaler Blattflächenentwicklung (vgl. Abb. 3b und 4) schon wieder ab und fällt weiter recht kontinuierlich bis zur Septembermitte. Sehr deutlich wird wiederum — besonders im Juni und Juli —, daß eine Koppelung hoher Einstrahlung mit mittlerer Temperatur bessere CO_2-Aufnahme bringt, als hohe Temperatur bei hoher Einstrahlung.

Noch empfindlicher als auf Übertemperaturen reagiert *Phragmites* aber auf kühles Wetter, wo auch hohe Strahlungswerte (12. 6.)

Abb. 9. Mittlere Stundenwerte der CO_2-Aufnahme pro Tag (apparente Photosynthese) von *Phragmites communis* in den Monaten Mai bis September 1967. Von oben: 1. mittlere tägliche Dauer der apparenten Photosynthese; 2. Einstrahlung; 3. Temperatur; 4. Mittlere CO_2-Aufnahme. ←→: Interpolierungen nach Abb. 5—8, bedingt durch URAS-Ausfall wegen Service, Reparaturen und Entfernung der Küvettenhülle (vgl. Methodik).


V
VI
VII
VIII
IX
Monat
h
16
15
14
13
12
mittlere tägliche Dauer der app. Photosynthese
cal/cm²·d
700
600
500
400
300
200
100
Tagessummen der Globalstrahlung
°C
24
22
20
18
16
14
12
11
mittlere Tagestemperatur
V
VI
VII
VIII
IX Monat
mittlere Stundenwerte der app. Photosynthese
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1

die CO_2-Aufnahme kaum anheben. Übertemperaturen senken die Werte bei gleicher Einstrahlung um 10—30%, Untertemperaturen aber bis über 60%.

Quantitativ vergleichbare Werte zur Untertemperatur-Empfindlichkeit des Kosmopoliten *Phragmites communis* liegen leider nicht vor. Es ist in diesem Zusammenhang aber von Bedeutung, daß RUDESCU et al. (1965) bei Schilfbeständen im heißen Donaudelta den vier- bis fünffachen ha-Ertrag im Vergleich zu ungedüngtem, mitteleuropäischem Schilf messen konnten.

IV. Zusammenfassung

1. Mit Hilfe eines URAS und einer Bestandsküvette (Abb. 1, 2) wurde die Gaswechselaktivität in einem geschlossenen Schilfbestand am Westufer des Neusiedler Sees bei Rust während der Vegetationszeit 1967 zwischen Mai und September registriert und als mittlere stündliche CO_2-Aufnahme (apparente Photosynthese) pro Tag berechnet.

2. Die für die Strahlungsnutzung optimale Tages-Mitteltemperatur schwankt während der Vegetationszeit. Im Mai wird die beste CO_2-Aufnahme bei 16°C Tagesmittel erreicht (ca. 10 mg CO_2/g TG · h), im Juni und Juli dehnt sich der optimale Bereich bis 21°C aus (ca. 11 mg CO_2/g TG·h). Übertemperaturen (24/25° Tagesmittel) drücken den Wert der CO_2-Aufnahme weniger als Untertemperaturen (12/15°C) (Abb. 5—9).

3. Die Septemberwerte lassen sich in dieses Schema nicht mehr einordnen. In der ersten Hälfte dieses Monats sinkt die physiologische Aktivität der alternden Schilfpflanzen bereits stark ab, ab 22. 9. 1967 wurde kein Gaswechsel mehr registriert. Das Ende der in der Bestandsküvette meßbaren Photosynthese und Atmung kam damit fast genau einen Monat früher als im Jahr 1966.

4. In Abb. 9 wird eine Darstellung der mittleren stündlichen CO_2-Aufnahme pro Tag zwischen Mai und September gegeben. Das Maximum der Stundenmittel liegt zwischen Mitte Juni und Mitte Juli, das Maximum der Tagesleistung eindeutig in der zweiten Junihälfte. Die stündlichen Mittelwerte schwanken je nach Einstrahlung, Temperatur und Jahreszeit zwischen 1 und 11 mg CO_2/g TG · h. Die Maxima von ca. 17 mg CO_2/g TG · h liegen unter vergleichbaren Angaben für Kultur-Gramineen aber gleich hoch wie die CO_2-Aufnahme mitteleuropäischer Wildgräser (*Agropyron*, *Festuca*).

Dank

Herrn PROF. DR. FERDINAND STEINHAUSER, Direktor der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien-Hohe Warte, sind wir für die Überlassung der meteorologischen Daten zu großem Dank verpflichtet, den Herren DR. WERNER MAHRINGER und DOKTOR OTTO MOTSCHKA für ihre oft bewiesene Hilfsbereitschaft bei allen meteorologischen und klimatologischen Problemen. Für die freundliche Überlassung von Arbeitsräumen in der Ruster Station gilt unser Dank Herrn HOFRAT DR. A. OHRENBERGER, dem Direktor des Burgenländischen Landesmuseums. Den Herren cand.phil. PETER TUSCHL und cand.phil. RUDOLF MAIER danke ich für ihre einsatzfreudige Mitarbeit.

Literatur

ANDERSSON, G., 1944: Gas change and frost hardening studies in winter cereals. Lund. Zit. LARCHER 1963.

BOSIAN, G., 1959: Zum Problem des Küvettenklimas: Temperatur- und Feuchteregulierung. Ber. dtsch. bot. Ges. *72*, 391—397.

BOSIAN, G., und A. ENSGRABER, 1955: Über die Vollautomatisierung der CO_2-Assimilationsbestimmung und zur Methodik des Küvettenklimas. Planta *45*, 470—492.

BURIAN, K., 1967: Herbstliche Gaswechselbilanz im Schilfbestand des Neusiedler Sees. Anz. math. nat. Kl. Öst. Akad. Wiss. 1966/14.

— 1969: Produktion und Strahlungsnutzung bei *Helianthus annuus*, *Zea mays* und *Phaseolus vulgaris* während der gesamten Vegetationszeit. S. Ber. Öst. Akad. Wiss., math. nat. Kl. Abt. II, im Druck.

DASTUR, R. H., und J. J. CHINOY, 1932: Indian J. Agr. Sci. *2*, 431—454. Zit. LARCHER 1963.

DYKYJOVÀ, D., 1966: Primary productivity of littoral stands in the Basin of Třebon (S. Bohemia). IBP-Rundschreiben, 4 S.

ELLENBERG, H., J. D. OVINGTON et al., 1964: Produktionsökologie von Landlebensgemeinschaften im Rahmen des Internationalen Biologischen Programms. Ber. Geobot. Inst. d. ETH, Stiftung RÜBEL *35*, 14—40.

GEISSLHOFER, M., und K. BURIAN, 1969: Biometrische Untersuchungen im geschlossenen Schilfbestand des Neusiedler Sees. Oikos (im Druck).

GORHAM, E., and W. H. PEARSALL, 1956: Production ecology. III. Shoot production in *Phragmites* in relation to habitat. Oikos, *7/II*, 206—214.

HÜBL, E., 1967: Stoffproduktion von *Phragmites communis* Trin. im Schilfgürtel des Neusiedler Sees im Jahre 1966 (Ergebnisse nach der Erntemethode). Anz. math. nat. Kl. Öst. Akad. Wiss. 1966/14.

KOCH, W., E. KLEIN und H. WALZ, 1968: Neuartige Gaswechsel-Meßanlage für Pflanzen in Laboratorium und Freiland. Siemens-Zeitschrift **42**, 392—404.

LANGE, O. L., 1963: Moderne Methoden zur Messung von Photosynthese und Transpiration an Freilandpflanzen. Schriftenreihe d. Forstl. Fak. d. Univ. Göttingen *33*, 91–102.

LARCHER, W., 1963: Die Leistungsfähigkeit der CO_2-Assimilation höherer Pflanzen unter Laboratoriumsbedingungen und am natürlichen Standort. Mitt. Flor.-soz. Arbeitsgemeinschaft. N.F. Heft *10*, 20–34.

— 1969: Physiological approaches to the measurement of photosynthesis in relation to dry matter production by trees. Photosynthetica **3** (**2**), 150–166.

LIETH, H., 1965: Ökologische Fragestellungen bei der Untersuchung der biologischen Stoffproduktion I. Qualitas Plantarum et Materiae Vegetabiles *12*, 241–261.

MAHRINGER, W., und O. MOTSCHKA, 1968: Meteorologische Untersuchungen am Neusiedler See im Jahre 1967 im Rahmen der Internationalen Hydrologischen Dekade. Wetter u. Leben *20*, 159–163.

MEDINA, E., 1964: Über die Beziehung zwischen Chlorophyllgehalt, assimilierender Fläche und Trockensubstanzproduktion einiger Pflanzengemeinschaften. Diss. Hohenheim.

MOONEY, H. A., and MARDA WEST, 1964: Photosynthetic acclimation of plants of diverse origin. Amer. J. Bot. *51*, 825–827.

MÜLLER, D., 1928: Die Kohlensäureassimilation bei arktischen Pflanzen und die Abhängigkeit der Assimilation von der Temperatur. Planta *6*, 22–39.

MUSGRAVE, R. B., and D. N. MOSS, 1961: Crop Sci. 1, 37–41. Zit. LARCHER 1963.

RUDESCU, L., C. NICULESCU und I. P. CHIVU, 1965: Monografia stufului din delta Dunârii. Ed. Academiei Republicii Socialiste România.

RYCHNOVSKÀ, M., 1967: A contribution to the autecology of *Phragmites communis* TRIN. I. Physiological Heterogeneity of Leaves. Fol. Geobot. Phytotax., Praha, *2*, 179–188.

STÅLFELT, M. G., 1935: Angew. Bot. 17, 157–190. Zit. LARCHER 1963.

— 1960: Temperatur. In: Hdb. Pflanzenphysiol. *V/2* (hrsg. v. W. RUHLAND), 100–117. Berlin–Göttingen–Heidelberg: Springer.

STOCKER, O., 1967: Der Wasser- und Photosynthese-Haushalt mitteleuropäischer Gräser, ein Beitrag zum allgemeinen Konstitutionsproblem des Grastypus. Flora B *157*, 56–96.

STOCKER, O., S. REHM und H. SCHMIDT, 1943: J. wiss. Bot. *91*, 1–53. Zit. LARCHER 1963.

TRANQUILLINI, W., 1954: Über den Einfluß von Übertemperaturen der Blätter bei Dauereinschluß in Küvetten auf die ökologische Assimilationsmessung. Ber. dtsch. bot. Ges. *67*, 191–204.

WALTER, H., 1960: Einführung in die Phytologie *III/1*. Standortslehre. 2. Aufl. Stuttgart: Ulmer.